

Klimawandel in Naturfreibädern?

Können wir ihn auch hier beobachten?

Durch die Zunahme von Treibhausgasen in der Atmosphäre (u.A. CO_2 und CH_4) erwärmt sich die Erde seit dem neunzehnten Jahrhundert kontinuierlich. Dabei gibt es regionale Unterschiede in der Veränderung der Temperaturen. Weltweit ist die Temperatur seither um ca. $1,1^\circ\text{C}$ angestiegen [1], im Durchschnitt also um ca. $0,1^\circ\text{C}$ pro Jahrzehnt, wobei der Anstieg in den letzten fünf Jahrzehnten besonders stark war (Abbildung 1). In einer Untersuchung der Oberflächenwassertemperatur von Seen in Mitteleuropa zwischen 1960 und 2010 wurde beobachtet, dass der Temperaturanstieg im Frühjahr und Sommer größer ist als im Herbst und Winter [2]. Der Temperaturanstieg lag bei dieser Studie zwischen Mai und August bei ca. $0,5^\circ\text{C}$ pro Jahrzehnt.

Erhöhte Temperaturen begünstigen die Entwicklung von gesundheitsgefährdenden Cyanobakterienblüten. Aus diesem Grund hat das Umweltbundesamt 2024 eine überarbeitete „Empfehlung zum Schutz vor Cyanobakterien und Cyanobakterientoxinen“ herausgegeben [3]. Ein ausführlicher Artikel zu Cyanobakterien, deren Systematik, Vorkommen und Zellgifte findet sich in der Naturbadinfo 2024 [4]. Dass Cyanobakterien sich insbesondere in Biofilmen entwickeln können und damit eine potentielle Quelle einer Ausbreitung in das Freiwasser gegeben ist, zeigte sich in einer Untersuchung von Folienauswuchs in einem Freibad mit biologischer Wasseraufbereitung [5]. Um zu untersuchen, inwiefern nun die derzeitigen Klimaveränderungen die Naturfreibäder beeinflussen, wurden in der vorliegenden Studie Temperaturdaten von 2007 bis 2024, sowie Biovolumina von Cyanobakterien von 2010 bis 2022 mehrerer Naturfreibäder zusammengetragen und analysiert.

Temperaturanstieg in Naturfreibädern

In einer Datenauswertung von zehn Naturfreibädern wurden die Temperaturveränderung in den Monaten Juni bis August im Beckenwasser über mehrere Jahre je nach Dauer des durchgeführten Monitorings analysiert. Hierbei zeigte sich, dass in drei der zehn Bäder die saisonale Durchschnittstemperatur anstieg (Abbildung 2). Der Temperaturanstieg lag zwischen $1,2$ und $1,7^\circ\text{C}$ pro Jahrzehnt. Dieser Anstieg ist damit wesentlich höher als der mittlere Temperaturanstieg von Oberflächenwasser mitteleuropäischer Seen. Dies lässt sich u.A. durch das geringe Wasservolumen und die

geringe Tiefe von Naturfreibädern erklären, welche ein schnelleres Aufwärmen des Wasserkörpers begünstigen.

Sieben der zehn Naturfreibäder zeigten keinen Temperaturanstieg. Dies kann unter anderem an starken Schwankungen der mittleren Jahrestemperatur liegen, welche den jahresübergreifenden Trend überdecken. Die Temperatur im Beckenwasser kann aber auch durch die Betriebsführung, bspw. die Zusp eisung von Füllwasser oder die Beschaffenheit des Filtersystems, sowie die Beschattung des Beckens beeinflusst werden, so dass in diesen Bädern keine, oder eine sehr viel geringere klimabedingte Temperaturveränderung stattfindet.

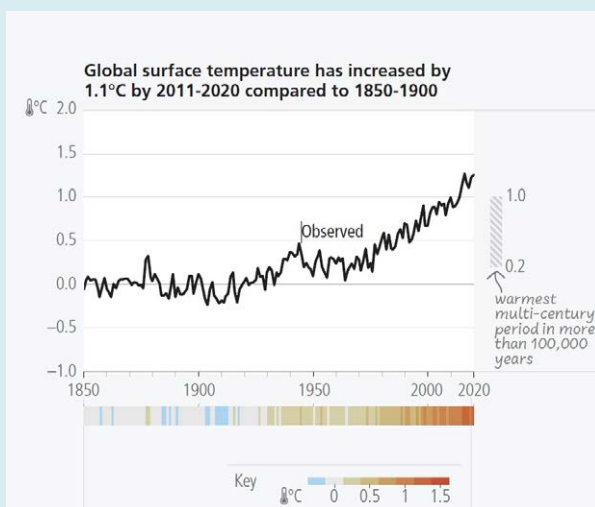


Abbildung 1: IPCC Report 20231: Die globale Oberflächentemperatur der Erde (dargestellt als jährliche Anomalien gegenüber dem Mittelwert von 1850-1900) ist seit 1850-1900 um etwa $1,1^\circ\text{C}$ gestiegen.

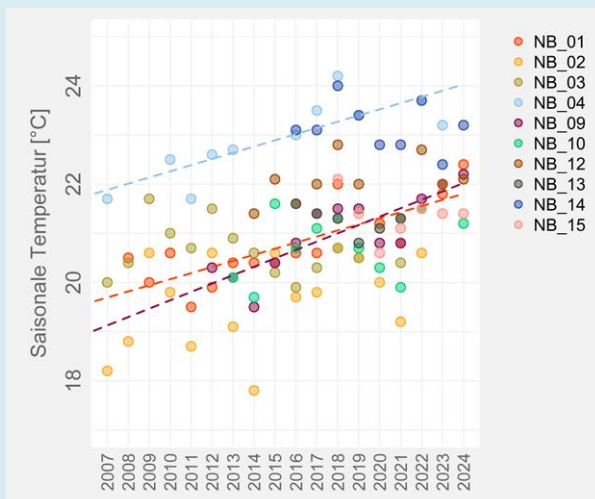


Abbildung 2: Entwicklung der durchschnittlichen saisonalen Wassertemperatur im Becken unterschiedlicher Naturfreibäder seit 2007. Die signifikanten Regressionen ($p < 0,05$) sind als Geraden dargestellt. Die Temperaturzunahme pro Jahrzehnt lag für diese Bäder bei folgenden Werten: NB_01: $1,2^\circ\text{C}$; NB_04: $1,3^\circ\text{C}$; NB_09: $1,7^\circ\text{C}$.

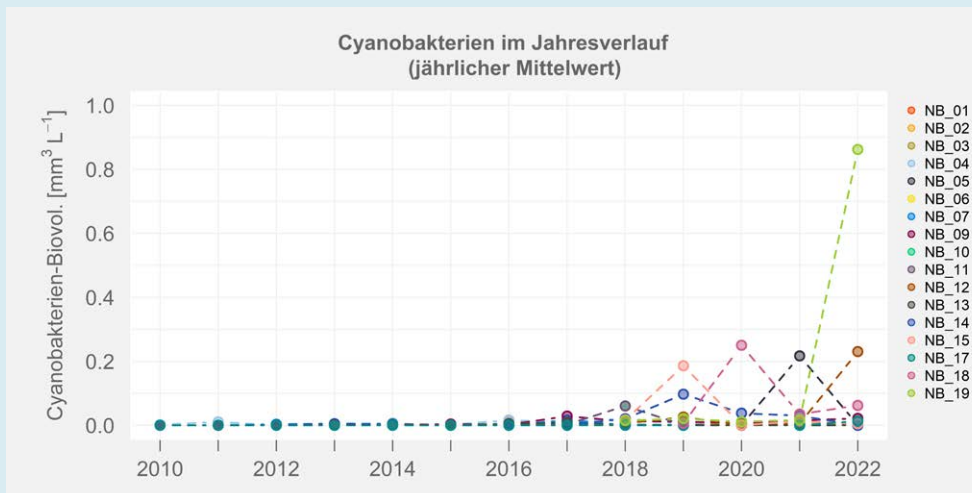


Abbildung 3: Entwicklung der durchschnittlichen saisonalen Cyanobakterien-Biovolume seit 2010 in unterschiedlichen Naturfreibädern.

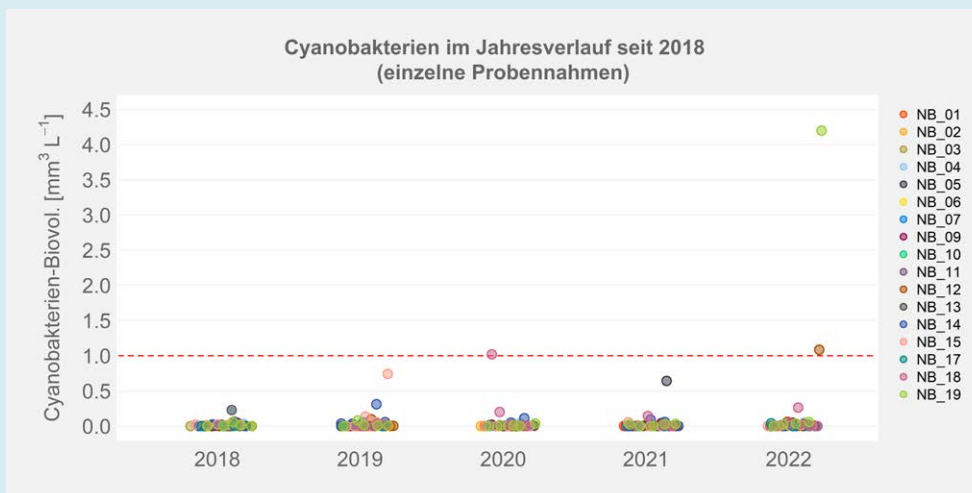


Abbildung 4: Entwicklung der Cyanobakterien-Biovolume seit 2018 für einzelne Probenahmen in unterschiedlichen Naturfreibädern. Die rote Linie markiert den Grenzwert für Cyanobakterien-Biovolume laut Umweltbundesamt.

Cyanobakterien in Naturfreibädern

Die saisonalen Mittelwerte des Cyanobakterien-Biovolume wurden in 17 unterschiedlichen Naturfreibädern seit Beginn der jeweiligen Untersuchungen bis 2022 zusammengetragen. In den Daten zeigt sich eine Zunahme von Cyanobakterien seit 2018 (Abbildung 3). Dabei handelt es sich nicht um einen kontinuierlichen Anstieg der Cyanobakterienvolumina in allen Bädern, sondern um ein häufigeres Auftreten von „Cyanobakterienblüten“. Als „Blüte“ wird eine starke Vermehrung von Phytoplankton in einem bestimmten, meist relativ kurzen Zeitraum bezeichnet. Dieses Muster zeigt sich bei der Betrachtung der einzelnen Probenahmen im Saisonverlauf (Abbildung 4). Bei den beobachteten Cyanobakterienblüten wurden Biovolumina von bis zu $4,2 \text{ mm}^3 \text{ L}^{-1}$ erreicht. In der oben erwähnten Empfehlung des Umweltbundesamtes wird ab einem Cyanobakterien-Biovolume von $13 \text{ mm}^3 \text{ L}^{-1}$ eine erhöhte Aufmerksamkeit und das Bereitstellen von Informationen zu Cyanobakterien für Badende empfohlen. Ab einem Biovolume von $4 \text{ mm}^3 \text{ L}^{-1}$ gilt die „Erste Warnstufe“ mit zusätzlichen Warnhinweisen.

Um zu analysieren, inwiefern sich Temperaturveränderungen im Beckenwasser der Naturfreibäder auf das Biovolume der Cyanobakterien auswirken, haben wir die jeweiligen saisonalen Durchschnittstemperaturen der unterschiedlichen Jahre mit dem entsprechenden saisonalen Mittelwert des Cyanobakterien-Biovolume miteinander korreliert (Abbildung 5).

Hierbei zeigte sich eine Zunahme des durchschnittlichen Cyanobakterien-Biovolume mit ansteigender durchschnittlicher Temperatur. Das Auftreten und die Vermehrung von Cyanobakterien in Naturfreibädern werden jedoch durch unterschiedliche Faktoren beeinflusst. Neben der Temperatur spielt auch die Nährstoffverfügbarkeit eine wichtige Rolle. Die Nährstoffverfügbarkeit kann in Naturbädern durch Filtersysteme und eine Vorbehandlung des Füllwassers reduziert werden, dadurch sinkt die Wahrscheinlichkeit von Cyanobakterienblüten. Auch der Fraßdruck des Zooplanktons beeinflusst die Cyanobakterienkonzentration im Wasser. Aufgrund der vorliegenden Studie wird empfohlen, die Zusammensetzung des Phytoplanktons

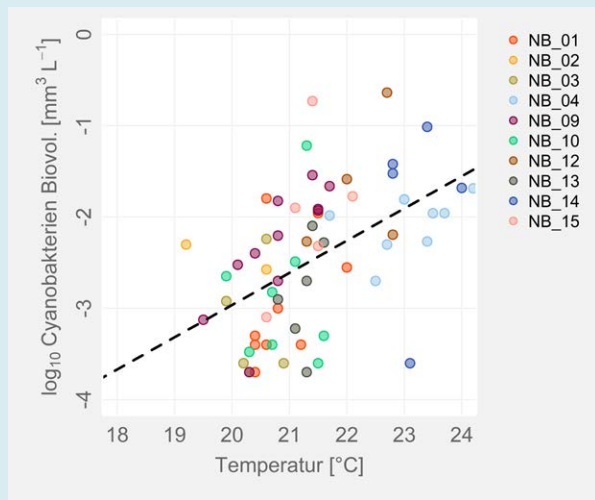


Abbildung 5: Saisonaler Mittelwert des Cyanobakterienbiovolumens in logarithmischer Darstellung in Abhängigkeit von der mittleren saisonale Beckenwassertemperatur. Hierbei zeigt sich eine signifikante positive Korrelation zwischen der Temperatur und dem Cyanobakterien-Biovolumen ($p < 0,001$). Die Regressionsgerade folgt der Gleichung: $\text{cyano} = 10^{(0,35 * T - 10)}$, wobei cyano das Biovolumen der Cyanobakterien in $\text{mm}^3 \text{L}^{-1}$ und T die Temperatur in $^{\circ}\text{C}$ angibt.

(einschließlich der Cyanobakterien) in Naturfreibädern in der Badesaison regelmäßig zu kontrollieren. Dieser Punkt wird auch in der – sich aktuell in Revision befindlichen – FLL-Richtlinie Beachtung finden.

Zusammenfassung:

Durch den Klimawandel steigen die Temperaturen global, dies kann sich auch auf die Wasserqualität in Naturfreibädern auswirken, bspw. durch eine verstärkte Entwicklung von Cyanobakterien im Beckenwasser. Die Veränderungen der saisonalen Beckenwassertemperatur wurde für zehn Naturfreibäder untersucht. Bei drei Bädern wurde ein Anstieg der Temperatur von 1,2–1,7 $^{\circ}\text{C}$ pro Jahrzehnt beobachtet. Bei den anderen sieben Bädern konnte keine systematische Temperaturveränderung festgestellt werden. Eine Erfassung der Cyanobakterienbiovolumen in Naturfreibädern zeigt ein erhöhtes Vorkommen von „Cyanobakterienblüten“ seit 2018. Erhöhte saisonale Wassertemperaturen waren in den untersuchten Naturfreibädern mit einem größeren saisonalen Biovolumen von Cyanobakterien verbunden. [Imke Petersen, KLS]

[1] IPCC, 2023: Sections. In: Climate Change 2023: Synthesis Report.

Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 35–115, doi: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647

[2] Woolway, R. I., Dokulil, M. T., Marszelewski, W., Schmid, M., Bouffard, D., & Merchant, C. J. (2017). Warming of Central European lakes and their response to the 1980s climate regime shift. Climatic Change, 142, 505–520.

[3] Bundesgesundheitsblatt: Empfehlung zum Schutz von Badenden vor Cyanobakterien und Cyanobakterientoxinen, 2024, 67, 1192–1204.

[4] Cyanobakterien in Badegewässern. Naturbad Biologie. Naturbadinfo 2024, 1–4.

[5] Folienaufwuchs in einem Naturfreibad. Naturbad Biologie. Naturbadinfo 2023, 15–18.

Aktuelle IQ^N-Zertifizierung von Naturfreibädern

In der Saison 2024 wurde in einer Vielzahl von Naturfreibädern in Deutschland und in der Schweiz ein gewässerökologisches Monitoring nach den aktuell gültigen Richtlinien für Schwimm- und Badeteichanlagen durchgeführt. Dabei bewertet das Gütesiegel „Index für die Wasser-Qualität von Naturfreibädern“ IQ^N Bäder mit biologischer Wasseraufbereitung nach einem einheitlichen Standard und ist somit ein Qualitätsnachweis. Die folgenden 12 Bäder haben sich in der Saison 2024 für eine IQ^N-Zertifizierung entschieden. Herzlichen Glückwunsch!

Naturfreibad Niederalfingen (Hüttlingen)

Parkbad Weende

Naturbad Grebenstein

Nordseelagune Burhave

Naturbad Schwalbach

Sole-Waldschwimmbad Bad Gandersheim

Naturbad Olfen

Parkbad Kleinfeld Kriens

Naturbad Sulz

Naturerlebnisbad Glatten

Naturerlebnisbad Flehingen

Waldbad Nandlstadt

Zusätzlich zur Urkunde wird ab diesem Jahr auch ein digitales Siegel vergeben, welches für eine Präsentation auf der Website und / oder auf Social-Media-Kanälen bestens geeignet ist. [KLS]



Naturfreibad Sulz, welches seit 2011 an einem gewässerökologischen Monitoring erfolgreich teilnimmt.

Climate Change in Natural Outdoor Pools

Can We Observe it Here Too?

Due to the increase in greenhouse gases in the atmosphere (including CO₂ and CH₄), the Earth has been continuously warming since the 19th century. However, the temperature changes vary by region. Globally, the average temperature has risen by about 1.1°C since then [1], which corresponds to roughly 0.1°C per decade— though the increase has been particularly steep over the past five decades (see Figure 1). A study examining surface water temperatures in Central European lakes between 1960 and 2010 found that temperature increases were greater in spring and summer than in autumn and winter [2]. In this study, the temperature rise between May and August was approximately 0.5°C per decade.

Higher temperatures promote the development of health-threatening cyanobacterial blooms. For this reason, in 2024, the German Environment Agency issued a revised Recommendation for Protection Against Cyanobacteria and Cyanotoxins [3]. A detailed article on cyanobacteria, their classification, occurrence, and toxins was published in Naturbad-info 2024 [4]. One study demonstrated that cyanobacteria can particularly develop in biofilms, making them a potential source of spread into open water, as was shown by a growth observed on pool liner surfaces in a natural outdoor pool with biological water treatment [5].

To investigate how current climate changes are affecting natural outdoor pools, this study compiled and analyzed temperature data from 2007 to 2024 and cyanobacterial biovolume data from 2010 to 2022 across several natural swimming facilities.

Rising Temperatures in Natural Outdoor Pools

An analysis of data from ten natural outdoor pools examined water temperature changes from June to August over multiple years, depending on the length of the monitoring period. The results showed that three of the ten pools exhibited an increase in seasonal average temperatures (see Figure 2). The temperature increase ranged between 1.2°C and 1.7°C per decade. This rise is significantly higher than the average temperature increase in surface waters of Central European lakes. This can be explained, among other factors, by the relatively small water volumes and shallow depths of natural

outdoor pools, which facilitate faster warming of the water body. Seven of the ten natural pools did not show a temperature increase. This could be due to strong fluctuations in average annual temperatures that mask long-term trends. Pool water temperatures can also be influenced by operational factors such as the addition of make-up water, the design of the filtration system, or shading of the pool basin. These factors may prevent or greatly reduce climate-related temperature changes in some pools.

Cyanobacteria in Natural Outdoor Pools

Seasonal average values of cyanobacterial biovolume were compiled from 17 different natural outdoor pools from the start of their respective

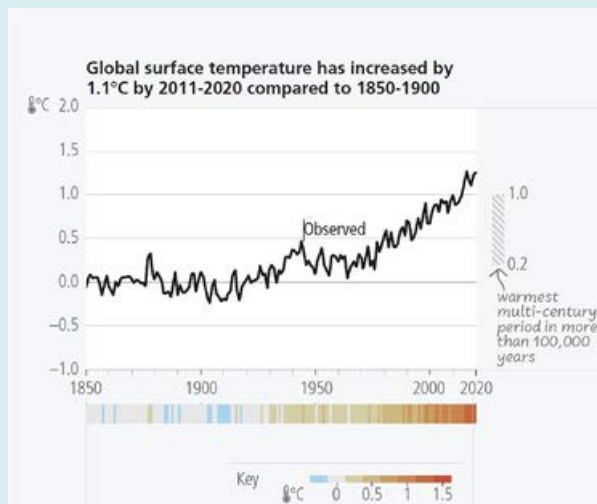


Figure 1: IPCC Report 2023: The global surface temperature of the Earth (represented as annual anomalies relative to the 1850-1900 mean) has increased by approximately 1.1°C since 1850-1900.

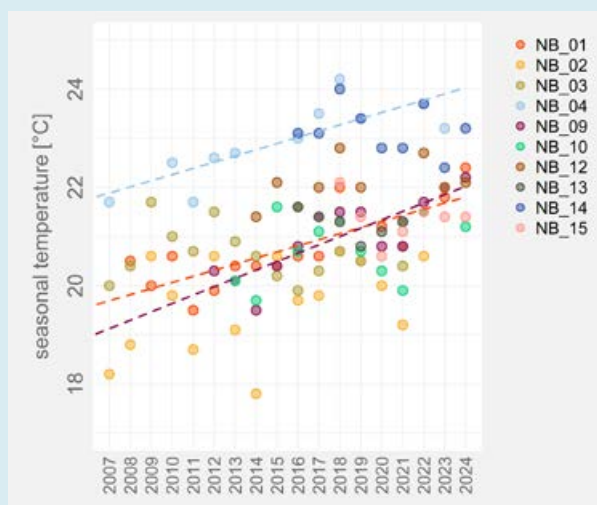


Figure 2: Development of the average seasonal water temperature in the basins of various natural outdoor pools since 2007. The significant regressions ($p < 0.05$) are represented as straight lines. The temperature increase per decade for these pools was as follows: NB_01: 1.2°C; NB_04: 1.3°C; NB_09: 1.7°C.

Continued on page 11

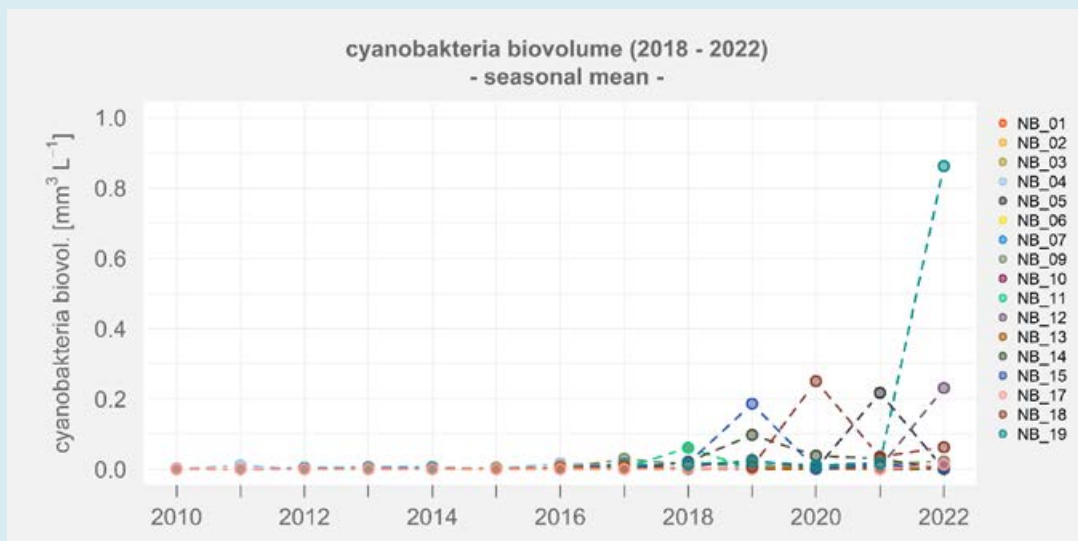


Figure 3: Development of the average seasonal cyanobacteria biovolume since 2010 in various natural outdoor pools.

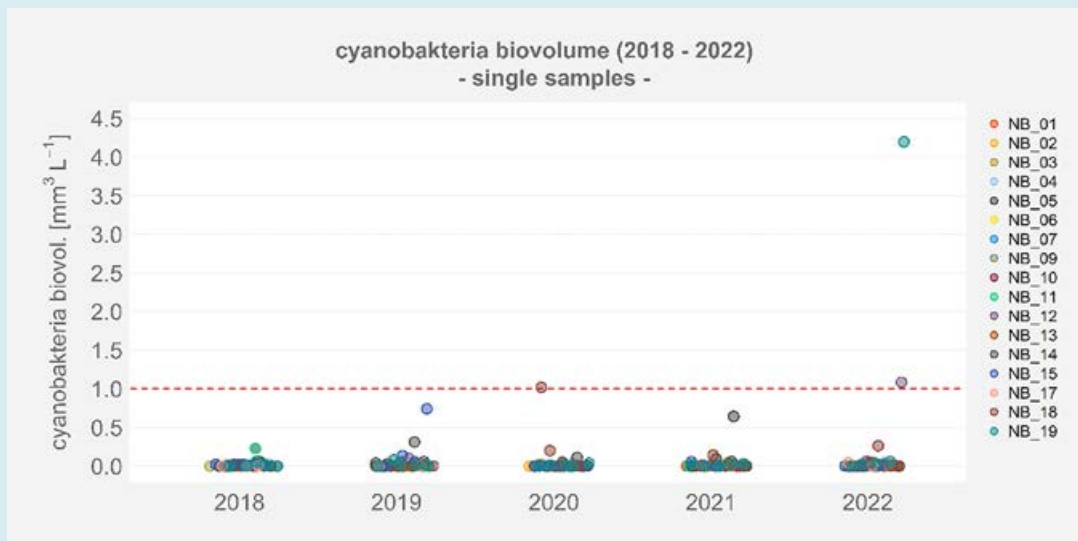


Figure 4: Development of the cyanobacteria biovolume since 2018 for individual samples in different natural outdoor pools. The red line marks the threshold for cyanobacteria biovolume according to the German Environment Agency.

monitoring periods up to 2022. The data show an increase in cyanobacteria presence since 2018 (see Figure 3). However, this is not a continuous rise in cyanobacterial biovolume across all pools, but rather a more frequent occurrence of "cyanobacterial blooms." A "bloom" refers to a strong proliferation of phytoplankton within a specific, often relatively short, period. This pattern is evident when examining individual samples over the course of the bathing season (see Figure 4). In the observed cyanobacterial blooms, biovolumes of up to 4.2 mm³/L were recorded. According to the aforementioned recommendation by the German Environment Agency, increased monitoring and the provision of information to bathers is advised once the cyanobacterial biovolume exceeds 13 mm³/L. The "first warning level" with additional warnings applies from 4 mm³/L. To analyze how changes in water temperature in natural outdoor pools affect cyanobacterial biovolume, we correlated seasonal average temperatures from

different years with the corresponding seasonal average cyanobacterial biovolume (see Figure 5).

This analysis showed an increase in average cyanobacterial biovolume with rising average temperatures. However, the occurrence and growth of cyanobacteria in natural outdoor pools are influenced by multiple factors. In addition to temperature, nutrient availability also plays an important role. Nutrient levels can be reduced in natural pools through filter systems and pre-treatment of fill water, thereby lowering the likelihood of cyanobacterial blooms. Grazing pressure from zooplankton also affects cyanobacteria concentrations in the water.

Based on the findings of this study, it is recommended that the composition of phytoplankton (including cyanobacteria) be regularly monitored in natural outdoor pools during the bathing season. This recommendation will also be reflected in the FLL guidelines, which are currently under revision

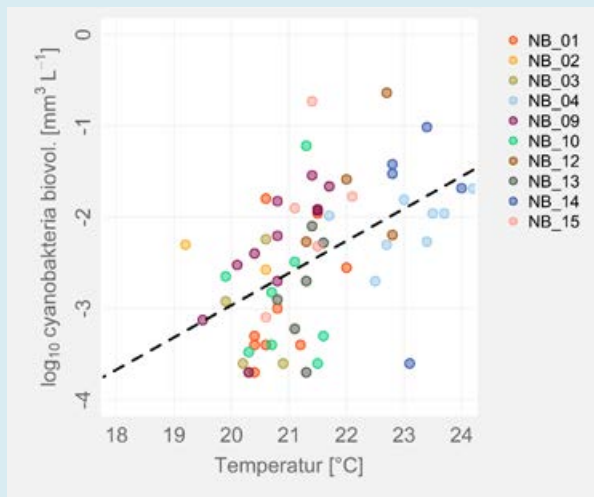


Figure 5: Seasonal average of the cyanobacteria biovolume in logarithmic representation as a function of the average seasonal basin water temperature. A significant positive correlation is observed between temperature and cyanobacteria biovolume ($p < 0.001$). The regression line follows the equation: $\text{cyano} = 10^{(0.35 * T - 10)}$, where cyano represents the cyanobacteria biovolume in $\text{mm}^3 \text{L}^{-1}$ and T the temperature in $^{\circ}\text{C}$.

Summary:

As global temperatures continue to rise due to climate change, water quality in natural outdoor pools may be impacted – for example, by increased development of cyanobacteria in the pool water. Changes in seasonal water temperature were studied in ten natural pools. In three of these, an increase of 1.2 to 1.7 $^{\circ}\text{C}$ per decade was observed. No systematic temperature changes were detected in the other seven pools. Data on cyanobacterial biovolumes show a rise in cyanobacterial blooms since 2018. Elevated seasonal water temperatures were associated with higher seasonal cyanobacterial biovolumes in the natural outdoor pools examined.

[Imke Petersen, KLS]

Current IQ^N Certification of Natural Outdoor Pools

In the 2024 season, a wide range of natural outdoor pools in Germany and Switzerland underwent aquatic ecological monitoring in accordance with the current guidelines for swimming and bathing pond facilities. The “Index for the Water Quality of Natural Outdoor Pools” (IQ^N) quality seal evaluates pools with biological water treatment based on a uniform standard, serving as a mark of quality. The following 12 pools have opted for IQ^N certification in the 2024 season. Congratulations!

Naturfreibad Niederalfingen (Hüttlingen)
 Parkbad Weende
 Naturbad Grebenstein
 Nordseelagune Burhave
 Naturbad Schwalbach
 Sole-Waldschwimmbad Bad Gandersheim
 Naturbad Olfen
 Parkbad Kleinfeld Kriens
 Naturbad Sulz
 Naturerlebnisbad Glatten
 Naturerlebnisbad Flehingen
 Waldbad Nandlstadt

In addition to the certificate, a digital seal will also be issued this year, which is ideal for presentation on websites and/or social media channels. [KLS]



Natural outdoor pool Sulz, which has been successfully participating in an aquatic ecological monitoring program since 2011.

- [1] IPCC, 2023: Sections. In: Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 35–115, doi: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647
- [2] Woolway, R. I., Dokulil, M. T., Marszelewski, W., Schmid, M., Bouffard, D., & Merchant, C. J. (2017). Warming of Central European lakes and their response to the 1980s climate regime shift. *Climatic Change*, 142, 505–520.
- [3] Bundesgesundheitsblatt: Empfehlung zum Schutz von Badenden vor Cyanobakterien und Cyanobakterientoxinen, 2024, 67, 1192–1204.
- [4] Cyanobakterien in Badegewässern. Naturbad Biologie. Naturbadinfo 2024, 1–4.
- [5] Folienaufwuchs in einem Naturfreibad. Naturbad Biologie. Naturbadinfo 2023, 15–18.